

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-138373

(43)Date of publication of application : 20.05.1994

(51)Int.Cl.

G02B 7/28
A61B 3/113
G03B 13/02

(21)Application number : 04-291728

(71)Applicant : CANON INC

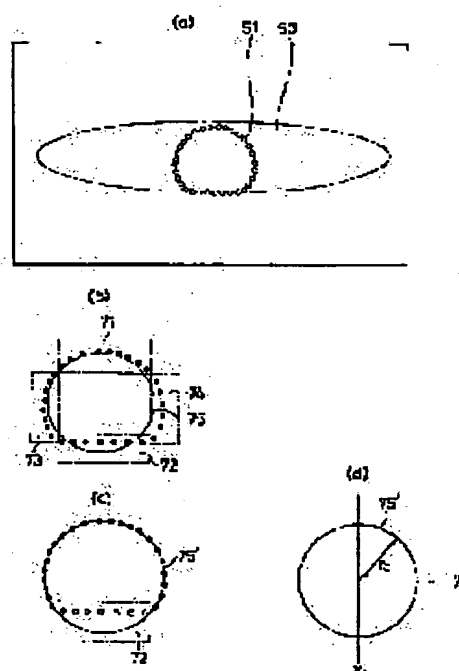
(22)Date of filing : 29.10.1992

(72)Inventor : AKASHI AKIRA

(54) SIGHT LINE DETECTING DEVICE**(57)Abstract:**

PURPOSE: To effectively eliminate a false pupil edge, and to improve accuracy for detecting the line of sight by estimating a pupil circle by using the least square method based on extracted all pupil edge data.

CONSTITUTION: Extracted plural pupil edges are divided into the upper side part 71, the lower side part 72, the right side part 73 and the left side part 74 of a pupil circle, and based on data of the remaining sides except edge data of one side, a pupil circle 75' is estimated, and simultaneously, an estimated deviation quantity is also calculated. That is, for instance, in the case an edge of the lower side of the pupil circle is extracted erroneously due to influence of an eyelid, when the pupil circle is calculated by using extracted all edge data, an erroneous pupil circle 75 is obtained. Therefore, by estimating the circle by the data from which the lower side edge in an enclosure 72 is eliminated, a correct pupil circle 75' can be detected. In this case, since the circle is estimated by using the minimum square method, the radius or the diameter of the circle is used for the correction.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 09.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3256294

[Date of registration] 30.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-138373

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 7/28				
A 6 1 B 3/113				
G 0 3 B 13/02		7139-2K		
		9119-2K		
			G 0 2 B 7/ 11	N
			A 6 1 B 3/ 10	B
審査請求 未請求 請求項の数4(全 19 頁)				

(21)出願番号 特願平4-291728

(22)出願日 平成4年(1992)10月29日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 明石 彰

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 本多 小平 (外3名)

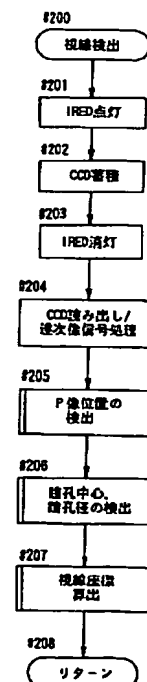
(54)【発明の名称】 視線検出装置

(57)【要約】

【目的】 正確な瞳孔円の推定の障害となる偽りの瞳孔エッジのみを排除して、視線位置を正確に検出できることを目的とする。

【構成】 瞳孔エッジデータを、上辺71、下辺72、左辺73、右辺74に分け、例えば下辺72のデータを除いた残りの3辺のデータに基づいて、最小2乗法により瞳孔円75'を推定する。

図4



【特許請求の範囲】

【請求項1】 眼球像を受光する受光手段と、該受光手段から出力される光電変換信号に基づいて眼球像中の瞳孔部と虹彩部との境界を方向別に抽出する処理手段と、該処理手段によって抽出された複数の方向別の境界位置情報の組合せを選択する選択手段と、該選択手段の選択にしたがって、該複数の境界位置情報に基づき瞳孔部の形状を推定する演算手段を有することを特徴とする視線検出装置。

【請求項2】 前記選択手段は、水平方向の境界位置情報を優先した選択を行うことを特徴とする請求項1に記載の視線検出装置。

【請求項3】 眼球像を受光する受光手段と、該受光手段から出力される光電変換信号に基づいて眼球像中の瞳孔部と虹彩部の境界位置を抽出する処理手段と、該処理手段によって抽出された複数の境界位置情報に基づいて、瞳孔部の形状を推定し、同時にその推定誤差量を演算する演算手段と、該推定誤差量にしたがって、複数の境界位置情報の採否を選択的に識別する識別手段と、該演算手段と該識別手段を繰り返し動作させる制御手段とを有することを特徴とする視線検出装置。

【請求項4】 演算手段は、最小2乗法を用いて推定演算することを特徴とする請求項1、2又は3に記載の視線検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は撮影系による被写体像が形成されている観察面（ピント面）上のファインダー系を介して観察者（撮影者）が観察している注視点方向の軸、いわゆる視線（視軸）を、観察者の眼球面上を照射したときに得られる眼球の反射像を利用して検出し、各種の撮影操作を行うようにした視線検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より観察者が観察面上のどの位置を観察しているかを検出する、いわゆる視線（視軸）を検出する視線検出装置（例えばアイカメラ）が種々提案されている。

*

$$(A1 * Loc) * \sin \theta \approx x_c - (x_d + x_e) / 2 \quad \dots (1)$$

の関係式を略満足する。このため視線演算処理装置においてイメージセンサー上の一部に投影された各特徴点

（角膜反射像d、e及び瞳孔中心C）の位置を検出する※

$$\beta (A1 * Loc) * \sin \theta \approx x_c' - (x_d' + x_e') / 2 \quad \dots (2)$$

とかきかえられる。但し、 β は受光レンズ12に対する眼球の位置により決まる倍率で、実質的には角膜反射像★

$$\theta \approx \text{ARCSIN} \{ (x_c' - x_f') / \beta / (A1 * Loc) \} \quad \dots (3)$$

とかきかえられる。但し

$$x_f' \approx (x_d' + x_e') / 2$$

である。ところで撮影者の眼球の光軸イと視軸とは一致しない為、撮影者の眼球の光軸イの水平方向の回転角 θ

【0003】例えば特開平1-274736号公報においては、光源からの平行光束を観察者の眼球の前眼部へ投射し、角膜からの反射光による角膜反射像と瞳孔の結像位置を利用して視軸を求めている。

【0004】図10、11は視線検出方法の原理説明図である。

【0005】先づ図11について説明すると、各赤外発光ダイオード（以下「IRED」と称する）13a、13bは受光レンズ12の光軸アに対してx方向に略対称に配置され、各々撮影者の眼球を発散照明している。

【0006】IRED13a、13bより放射された赤外光は眼球15の角膜16を照明し、このとき角膜16の表面で反射したそれぞれの赤外光の一部による角膜反射像d、eは受光レンズ12より集光され、イメージセンサー14上の位置d'、e'にそれぞれ再結像する。

【0007】また、IREDにより照明された眼球の瞳孔部の像もイメージセンサー14上に結像する。瞳孔と虹彩の境界がなす円（これを瞳孔円と称する）の中心Cのx座標を x_c としたとき、イメージセンサー上でのx座標は不図示の x_c' となる。

【0008】図10（a）は図2のイメージセンサー14面上に投影される眼球像を示しており、（b）は（a）中のライン（I）-（I）'での像信号の出力を示している。

【0009】図10（a）中の50は眼球のいわゆる白目の部分、51は瞳孔部、52a、52bは1対のIREDの角膜反射像を表わしている。

【0010】この角膜反射像は「ブルキン像」と呼ばれるものであり、以降「P像」と略称することにする。

【0011】図10（b）の信号60中の極大点2つが1対のP像に対応している。

【0012】図11に戻って、角膜反射像（P像）dおよびeの中心のx座標と角膜16の曲率中心のx座標 x_0 とは一致するため、角膜反射像の発生位置d、eのx座標を x_d 、 x_e 、角膜16の曲率中心Oから瞳孔19の中心Cまでの標準的な距離を Loc とし、距離 Loc に対する個人差を考慮する係数をA1とすると眼球光軸イの回転角 θ は

※ことにより眼球の光軸イの回転角 θ を求めることができる。このとき（1）式は、

★の間隔 $|x_d' - x_e'|$ の関数として求められる。眼球15の回転角 θ は

が算出されると眼球の光軸と視軸との角度補正 δ をすることにより撮影者の水平方向の視線 θ_H は求められる。

眼球の光軸イと視軸との補正角度 δ に対する個人差を考慮する係数をB1とすると撮影者の水平方向の視線 θ_H

は

$$\theta H = \theta \pm (B1 * \delta)$$

と求められる。ここで符号±は、撮影者に関して右への回転角を正とすると、観察装置をのぞく撮影者の目が左目の場合は+、右目の場合は-の符号が選択される。

【0013】又、同図においては撮影者の眼球がZ-X平面（例えば水平面）内で回転する例を示しているが、撮影者の眼球がZ-Y平面（例えば垂直面）内で回転す

$$\begin{aligned} X_n &\approx m * \theta H \\ &\approx m * [\text{ARCSIN} \{ (x_c' - x_f') / \beta / (A1 * L_{oc}) \} \\ &\quad \pm (B1 * \delta).] \\ Y_n &\approx m * \theta V \end{aligned}$$

と求められる。但し、mはカメラのファインダー光学系で決まる定数である。

【0014】ここで撮影者の眼球の個人差を補正する係数A1、B1の値は撮影者にカメラのファインダー内の所定の位置に配設された指標を固視してもらい、該指標の位置と（5）式に従い算出された固視点の位置とを一致させることにより求められる。

【0015】撮影者の視線及び注視点を求める演算は、前記各式に基づき視線演算処理装置のマイクロコンピュータのソフトで実行している。

【0016】視線の個人差を補正する係数が求まり

（5）式を用いてカメラのファインダーを覗く観察者の視線のピント板上の位置を算出し、その視線情報を撮影レンズの焦点調節あるいは露出制御等に利用している。

【0017】実際に視線を求めるにはイメージセンサー上の眼球像をマイクロコンピュータ等で処理して、上述したP像、瞳孔円を検出し、その位置情報に基づいて視線を算出する。

【0018】具体的な手法としては、本出願人によって既に提案（特願平3-121097号）されている。これによれば、瞳孔円の求め方として、イメージセンサーから眼球像信号を読み出しながら瞳孔と虹彩の境界の輝度差を信号エッジとして抽出し、その座標を記憶してゆく。そして、眼球像の読み出しを終了すると、記憶している複数の瞳孔のエッジ座標を最小2乗法を用いて円を推定し、これを瞳孔円としている。

【0019】図12に従って説明すると、図12（a）は眼球像を表わし、ここではP像は省略している。瞳孔部51の周に配されている複数の白丸が瞳孔エッジであり、70-1がその1つを表わしている。

【0020】同図中（b）は（a）の瞳孔エッジのみを抽出して表わしたもので、囲い71内の点は瞳孔円上辺エッジとして抽出されたものである。囲い72、73、74はそれぞれ下辺、左辺、右辺に関するエッジである。

【0021】これらのエッジ・データに基づいて最小2乗法を用いて推定した円が75である。この推定円の中心座標を（xc, yc）、半径をrcとすると図12の

…（4）

＊る場合においても同様に検出可能である。ただし、撮影者の視線の垂直方向の成分は眼球の光軸の垂直方向の成分θ'と一致するため垂直方向の視線θVはθV=θ'となる。更に視線データθH、θVより撮影者が見ているファインダー視野内のピント板上の位置（Xn, Yn）は

…（5）

（c）のようになる。

【0022】

【発明が解決しようとしている課題】ところが、上述の最小2乗法を用いて瞳孔円を推定する手法は、前述した出願（特願平3-121097号）にも述べているように、正しい瞳孔円の位置からある程度離れた位置に偽りのエッジデータが存在する場合、正しい円の推定が出来ないという欠点があり、同出願においてもそれを改善するために、最小2乗法の計算の過程で算出される推定誤差量を評価の尺度として用いて、偽りのエッジデータを出来る限り排除するように工夫している。

【0023】しかしながら、上記推定誤差量は、同じ瞳孔エッジ数で、偽りのエッジも同程度に真の円から離れた位置に存在するような場合、つまりそのような状況では同じ程度の推定誤差量が算出されることが期待される場合でも、一般に瞳孔の大きさ（瞳孔径）が大きくなると推定誤差量も大きく算出されてしまう傾向がある。このため、偽りのエッジの有効的排除という観点、また最終推定結果の良否判定という点でも都合の悪いものであった。

【0024】本発明の目的は、このような従来の問題を解決することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明の目的を実現する構成は特許請求の範囲に記載した通りであり、具体的には、以下に述べるようにして、正確な瞳孔円の推定の障害となる偽りの瞳孔エッジのみを排除しようとするものである。

【0026】（1）：抽出された総ての瞳孔エッジデータに基づいて、最小2乗法を用いて瞳孔円の推定を行い、結果として得られた推定円の推定誤差量が所定より小さければ正しい瞳孔円が推定できたものとみなし、瞳孔円の検出は成功とする。

【0027】（2）：抽出された複数の瞳孔エッジを瞳孔円の上辺部、下辺部、右辺部、左辺部と分け、いずれか一辺のエッジデータを除いた残りの辺のデータに基づいて瞳孔円の推定を行い、同時に推定誤差量も算出する。

5

【0028】その際、瞳孔エッジ抽出処理は、水平方向の時系列信号処理であるから、上辺、下辺のエッジデータよりも、右辺、左辺のエッジデータの方がより信頼正が高いはずであるという観点から、上辺部あるいは下辺部を除いた組合せ、すなわち（左辺、右辺、下辺）、

（左辺、右辺、上辺）の組合せによる円推定の時の算出誤差量を実質より小さくなるように重み付けをしておく。

【0029】（3）：（2）で演算した4組の推定誤差量の内、最も小さな組合せを選択する。

【0030】（4）：（3）で選択された組合せに対して、除かれている辺のエッジデータを一つずつ加えてみては推定誤差量の変化を調べ、誤差量が所定の割合よりも増加しなければ、加えたエッジデータは真のエッジデータであるものとして、そのまま加えておき、所定より増加した場合には偽りのエッジを加えたものとして、再びそのエッジデータを取り除く。

【0031】除かれている辺のエッジデータ総てについて以上の試行錯誤的操作を繰り返してゆく。

【0032】結果として得られた瞳孔の推定円の推定誤差量が所定より小さい場合には、正しい瞳孔円が推定できたものとみなし、瞳孔円検出は成功とする。

【0033】試行錯誤が所定より大きい場合、未だ偽りのエッジが残っているものとし、さらに次に述べる

（5）の処理を実行する。

【0034】（5）：今後は、現時点の推定円を形成している瞳孔エッジを一つずつ取り除いてゆくことを行う。具体的には、一つずつエッジを取り除いてみては推定円の変化を調べ、誤差量が所定の割合より減少すれば、除いたエッジデータは偽りのエッジデータであったとし、そのまま除いておく。

【0035】逆に、誤差量の減少が少ない、あるいは増加してしまった場合は、真のエッジを除いてしまったためであると判断し、そのエッジを元に戻す。

【0036】（4）の操作までに残っている総てのエッジデータに対して以上の動作を繰り返してゆき、最終的な推定誤差量が所定より小さい場合、瞳孔円検出は成功とする。

【0037】本発明は、以上述べた処理を行うことにより、正確な瞳孔円の推定を行うとするものである。

【0038】

【実施例】図1は本発明を一眼レフカメラに適用したときの実施例の要部概略図を示している。

【0039】図において、1は撮影レンズで便宜上2枚のレンズで示したが、実際はさらに多数のレンズから構成されている。2は主ミラーで、ファインダー系による被写体像の観察状態と被写体像の撮影状態に応じて撮影光路へ斜設されあるいは退去される。3はサブミラーで、主ミラー2を透過した光束をカメラボディの下方の後述する焦点検出装置6へ向けて反射する。

6

【0040】4はシャッター、5は感光部材で、銀塩フィルムあるいはCCDやMOS型等の固体撮像素子あるいはビデオン等の撮像管より成っている。

【0041】6は焦点検出装置であり、結像面近傍に配置されたフィールドレンズ6a、反射ミラー6b及び6c、2次結像レンズ6d、絞り6e、複数のCCDからなるラインセンサー6f等から構成されている。

【0042】本実施例における焦点検出装置6は周知の位相差方式を用いている。7は撮影レンズ1の予定結像面に配置されたピント板、8はファインダー光路変更用のペンタダハプリズム、9、10は各々観察画面内の被写体輝度を測定するための結像レンズと測光センサーである。結像レンズ9はペンタダハプリズム8内の反射光路を介してピント板7と測光センサー10を共役に関係付けている。

【0043】次にペンタダハプリズム8の射出面後方には光分割器11aを備えた接眼レンズ11が配され、撮影者眼15によるピント板7の観察に使用される。光分割器11aは、例えば可視光を透過し赤外光を反射するダイクロイックミラーより成っている。

【0044】12は受光レンズ、14はCCD等の光電素子列を2次元的に配したイメージセンサーで受光レンズ12に関して所定の位置にある撮影者眼15の瞳孔近傍と共役になるように配置されている。13a～13fは各々照明光源であるところの赤外発光ダイオードである。

【0045】21は明るい被写体の中でも視認できる高輝度のスーパーインポーズ用LEDで、発光された光は投光用プリズム22を介し、主ミラー2で反射してピント板7の表示部に設けた微小プリズムアレー7aで垂直方向に曲げられ、ペンタプリズム8、接眼レンズ11を通して撮影者眼15に達する。

【0046】そこでピント板7の焦点検出領域に対応する複数の位置（測距点）にこの微小プリズムアレー7aを枠状に形成し、これを各々に対応した5つのスーパーインポーズ用LED21（各々をLED-L1、LED-L2、LED-C、LED-R1、LED-R2とする）によって照明する。

【0047】23はファインダー視野領域を形成する視野マスク。24はファインダー視野外に撮影情報を表示するためのファインダー内LCDで、照明用LED（F-LED）25によって照明されている。

【0048】LCD24を透過した光は三角プリズム26によってファインダー視野内に導かれ、そしてファインダー視野外に表示され、撮影者は撮影情報を知ることができる。

【0049】31は撮影レンズ1内に設けた絞り、32は後述する絞り駆動回路111を含む絞り駆動装置、33はレンズ駆動用モーター、34は駆動ギヤ等からなるレンズ駆動部材、35はフォトカブラーでレンズ駆動部

材34に連動するパルス板36の回転を検知してレンズ焦点調節回路110に伝えている。焦点調節回路110は、この情報とカメラ側からのレンズ駆動量を情報に基づいてレンズ駆動用モーターを所定量駆動させ、撮影レンズ1を合焦位置に移動させるようになっている。37は公知のカメラとレンズとのインターフェイスとなるマウント接点である。

【0050】図2は本実施例のカメラに内蔵された電気回路図の説明図で、図1と同一のものは同一番号を付している。

【0051】カメラ本体に内蔵されたマイクロコンピュータの中央処理装置（以下CPU）100には視線検出回路101、測光回路102、自動焦点検出回路103、信号入力回路104、LCD駆動回路105、LED駆動回路106、IRED駆動回路107、シャッター制御回路108、モーター制御回路109が接続されている。又、撮影レンズ内に配置された焦点調節回路110、絞り駆動回路111とは図1で示したマウント接点37を介して信号の伝達が行なわれる。

【0052】CPU100に付随したEEPROM100aは記憶手段としての視線の個人差を補正する視線補正データの記憶機能を有している。

【0053】視線検出回路101は、イメージセンサー14（CCD-EYE）からの眼球像の出力をA/D変換し、この像情報をCPU100に送信する。CPU100は後述するように視線検出に必要な眼球像の各特徴点を所定のアルゴリズムに従って抽出し、さらに各特徴点の位置から撮影者の視線を算出する。

【0054】測光回路102は測光センサー10からの出力を増幅後、対数圧縮、A/D変換し、各センサーの輝度情報としてCPU100に送られる。本実施例での測光センサー10は4つの領域を測光するSPC-L、SPC-C、SPC-R、SPC-Aからなるフォトダイオードから構成されている。

【0055】図2のラインセンサー6fは画面内の5つの測距点に対応した5組のラインセンサーCCD-L2、CCD-L1、CCD-C、CCD-R1、CCD-R2から構成される公知のCCDラインセンサーである。

【0056】自動焦点検出回路103は、これらラインセンサー6fから得た電圧をA/D変換し、CPU100に送る。SW-1はリリース釦41の第一ストロークでONし、測光、AF、視線検出動作等を開始するスイッチ、SW-2はリリース釦41の第二ストロークでONするリリーススイッチ、SW-AELはAEロック釦43を押すことによってONするAEロックスイッチ、SW-DIAL1とSW-DIAL2は、不図示の電子ダイヤル内に設けたダイヤルスイッチで信号入力回路104のアップダウンカウンタに入力され、電子ダイヤルの回転クリック量をカウントする。

【0057】105は液晶表示素子LCDを表示駆動させるための公知のLCD駆動回路で、CPU100からの信号に従い絞り値、シャッター秒時、設定した撮影モード等の表示をモニター用LCD42とファインダー内LCD24の両方に同時に表示させることができる。LED駆動回路106は照明用LED（F-LED）25とスーパーインポーズ用LED21を点灯、点滅制御する。IRED駆動回路107は赤外発光ダイオード（IRED1～6）13a～13fを状況に応じて選択的に点灯させる。

【0058】シャッター制御回路108は通電すると先幕を走行させるマグネットMG-1と、後幕を走行させるマグネットMG-2を制御し、感光部材に所定量光を露光させる。モーター制御回路109はフィルムの巻き上げ、巻戻しを行なうモーターM1と主ミラー2及びシャッター4のチャージを行なうモーターM2を制御するためのものである。これらシャッター制御回路108、モーター制御回路109によって一連のカメラのリリースシーケンスが動作する。

【0059】次に、視線検出装置を有したカメラの動作のフローチャートを図3に示し、これらをもとに以下説明する。

【0060】不図示のモードダイヤルを回転させてカメラを不動作状態から所定の撮影モードに設定するとカメラの電源がONされ（#100）、CPU100の視線検出に使われる変数がリセットされる（#101）。

【0061】そしてカメラはリリース釦41が押し込まれてスイッチSW1がONされるまで待機する（#102）。リリース釦41が押し込まれスイッチSW1がONされたことを信号入力回路104が検知すると、CPU100は視線検出回路101に確認する（#103）。

【0062】この時、視線禁止モードに設定されていたら、視線検出は実行せずにすなわち視線情報を用いずに測距点自動選択サブルーチン（#116）によって特定の測距点を選択する。この測距点において自動焦点検出回路103は焦点検出動作を行なう。（#107）。

【0063】このように視線情報を用いずに測距点選択を行う撮影モード（視線禁止自動焦点撮影モード）と視線情報を用いて測距点選択を行う撮影モード（視線自動焦点撮影モード）の両方を備え、視線禁止モードに設定するかどうかで撮影者が任意に選択できるようになっている。

【0064】尚、測距点自動選択のアルゴリズムとしてはいくつかの方法が考えられるが、中央測距点に重み付けを置いた近点優先アルゴリズムが有効であり、ここでは本発明に直接関係がないので説明は省略する。

【0065】視線検出モードに設定されている場合には視線検出を実行する（#104）。ここで視線検出回路101において検出された視線はピント板7上の注視点

座標に変換される。CPU100は該注視点座標に近接した測距点を選択し、LED駆動回路106に信号を送信してスーパーインポーズ用LED21を用いて対応する測距点マークを点滅表示させる(#105)。

【0066】撮影者が該撮影者の視線によって選択された測距点が表示されたのを見て、その測距点が正しくないと認識してリリース釦41から手を離しスイッチSW1をOFFすると(#106)、カメラはスイッチSW1がONされるまで待機する(#102)。

【0067】このように視線情報によって測距点を選択されたことをファインダー視野内の測距点マークを点滅表示させて撮影者に知らせるようになっているので撮影者は意志どりに選択されたかどうか確認することができる。

【0068】又、撮影者が視線によって選択された測距点が表示されたのを見て、引続きスイッチSW1をONし続けたならば(#106)、自動焦点検出回路103は検出された視線情報を用いて1つ以上の測距点の焦点検出を実行する(#107)。

【0069】ここで選択された測距点が測距不能であることを判定し(#108)、不能であればCPU100はLCD駆動回路105に信号を送ってファインダー内LCD24の合焦マークを点滅させ、測距がNG(不能)であることを撮影者に警告し(#118)、SW1が離されるまで続ける(#119)。

【0070】測距が可能であり、所定のアルゴリズムで選択された測距点の焦点調節状態が合焦でなければ(#109)、CPU100はレンズ焦点調節回路110に信号を送って所定量撮影レンズ1を駆動させる(#117)。レンズ駆動後自動焦点検出回路103は再度焦点検出を行ない(#107)、撮影レンズ1が合焦しているか否かの判定を行なう(#109)。

【0071】所定の測距点において撮影レンズ1が合焦していたならば、CPU100はLCD駆動回路105に信号を送ってファインダー内LCD24の合焦マークを点灯させるとともに、LED駆動回路106にも信号を送って合焦している測距点201に合焦表示させる(#110)。

【0072】この時、前記視線によって選択された測距点の点滅表示は消灯するが合焦表示される測距点と前記視線によって選択された測距点とは一致する場合が多いので、合焦したことを撮影者に認識させるために合焦測距点は点灯状態に設定される。合焦した測距点がファインダー内に表示されたのを撮影者が見て、その測距点が正しくないと認識してリリース釦41から手を離しスイッチSW1をOFFすると(#111)、引続きカメラはスイッチSW1がONされるまで待機する(#102)。

【0073】又、撮影者が合焦表示された測距点を見て、引続きスイッチSW1をONし続けたならば(#1

11)、CPU100は測光回路102に信号を送信して測光を行なわせる(#112)。

【0074】更にリリース釦41が押し込まれてスイッチSW2がONされているかどうかの判定を行ない(#113)、スイッチSW2がOFF状態であれば再びスイッチSW1の状態の確認を行なう(#111)。又、スイッチSW2がONされたならばCPU100はシャッター制御回路108、モーター制御回路109、絞り駆動回路111にそれぞれ信号を送信する。

【0075】まずM2に通電し主ミラー2をアップさせ、絞り31を絞り込んだ後、MG1に通電しシャッター4の先幕を開放する。絞り31の絞り値及びシャッター4のシャッタースピードは、前記測光回路102にて検知された露出値とフィルム5の感度から決定される。所定のシャッター秒時(例えば1/250秒)経過後MG2に通電し、シャッター4の後幕を閉じる。フィルム5への露光が終了すると、M2に再度通電し、ミラーダウン、シャッターチャージを行なうとともにM1にも通電し、フィルムのコマ送りを行ない、一連のシャッターリリースシーケンスの動作が終了する(#114)。その後、カメラは再びスイッチSW1がONされるまで待機する(#102)。

【0076】図4~9は上記した視線検出のフローチャートである。

【0077】前述のように視線検出回路101はCPU100より信号を受け取ると視線検出を実行する(図3の#104)。

【0078】先づCPU100は撮影者の眼を照明するための赤外発光ダイオード(IRED)13a~13fの内から適切な組み合わせのIREDを選んで点灯する(#201)。IREDの選択は不図示の姿勢スイッチによりカメラが横位置か縦位置か、あるいは撮影者が眼鏡をかけているか否かによってなされる。

【0079】次にイメージセンサー14を所定の蓄積時間で電荷蓄積を行う(#202)。蓄積が終了するとそれとともにIREDも消灯される(#203)。

【0080】CPU100は蓄積の終了したイメージセンサー14から撮影者の眼球像を読み出すと同時に、逐次的にP像や瞳孔部の特徴抽出の処理を行う(#204)。具体的な方法は前述した本出願人による出願(特願平3-121097号)に詳述されているのでここでの詳細な説明は省略する。

【0081】さて、眼球像全体の読み出しが終わり、P像、瞳孔の特徴抽出が完了した後は、それらの情報に基づいて一組のP像位置を検出する(#205)。先にも述べたようにP像は眼球照明用IREDの角膜反射像であるから、図10(a)の52a、52bのように像信号中には光強度の強い輝点として現われるため、その特徴をもって1組のP像を検出し、その位置(x_d' , y_d'), (x_e' , y_e')を求めることが出来る。

11

【0082】次に、#204の逐次処理過程で抽出した瞳孔エッジの座標情報から、瞳孔円の中心(x_c' , y_c')および半径 r_e の検出を行う(#206)。このサブルーチンについては、後で詳述する。

【0083】撮影者の眼球像からP像位置と瞳孔位置を検出することができれば、#207にて撮影者の視線方向あるいはファインダー上での座標を式(5)から算出することが出来、視線検出サブルーチンをリターンする(#208)。

【0084】図5に瞳孔中心、瞳孔径の検出サブルーチン*10 心座標(x_c , y_c)、半径 r_c 、推定誤差量ERは

$$x_c = (W1 \cdot V2 - W2 \cdot W4 - (W6 - Y1 \cdot Z1) \cdot W3) / 2 \cdot (X2$$

$$\cdot V2 - W5 - W6 \cdot X1 / n) \quad \dots (10)$$

$$y_c = (W2 \cdot V1 - W1 \cdot W4 - (W7 - X1 \cdot Z1) \cdot W3) / 2 \cdot (Y2$$

$$\cdot V1 - W5 - W7 \cdot Y1 / n) \quad \dots (11)$$

$$r_c = \sqrt{(W3 - 2 \cdot ((x_c \cdot X1 + y_c \cdot Y1) / n) + x_c^2 + y_c^2)} \quad \dots (12)$$

$$\begin{aligned} ERX = & X4 - 4 \cdot x_c \cdot X3 + 2(2 \cdot x_c^2 + d) \cdot X2 \\ & - 4 \cdot x_c \cdot d \cdot X1 + Y4 - 4 \cdot y_c \cdot Y3 \\ & + 2(2 \cdot y_c^2 + d) \cdot Y2 - 4 \cdot y_c \cdot d \cdot Y1 \\ & + 2(Z4 - 2 \cdot x_c \cdot Z3 - 2 \cdot y_c \cdot Z2 \\ & + 4 \cdot x_c \cdot y_c \cdot Z1) + d^2 \cdot n \quad \dots (13) \end{aligned}$$

$$ER = \sqrt{ERX / n} \quad \dots (14)$$

但し、

$$X1 = \sum x_i, X2 = \sum x_i^2, X3 = \sum x_i^3, X4 = \sum x_i^4 \quad \dots (15) \sim (18)$$

$$Y1 = \sum y_i, Y2 = \sum y_i^2, Y3 = \sum y_i^3, Y4 = \sum y_i^4 \quad \dots (19) \sim (22)$$

$$Z1 = \sum x_i \cdot y_i, Z2 = \sum x_i^2 \cdot y_i^2 \quad \dots (23), (24)$$

$$Z3 = \sum x_i \cdot y_i^2, Z4 = \sum x_i^2 \cdot y_i^2 \quad \dots (25), (26)$$

さらに、

$$V1 = X2 - X1^2 / n \quad \dots (27)$$

$$V2 = Y2 - Y1^2 / n \quad \dots (28)$$

$$W1 = X3 + Y3 \quad \dots (29)$$

$$W2 = Y3 + Z3 \quad \dots (30)$$

$$W3 = (X2 + Y2) / n \quad \dots (31)$$

$$W4 = Z1 - X1 \cdot Y1 / n \quad \dots (32)$$

$$W5 = (Z1 - 2 \cdot X1 \cdot Y1 / n) \cdot Z1 \quad \dots (33)$$

$$W6 = X1 \cdot Y2 \quad \dots (34)$$

$$W7 = X2 \cdot Y1 \quad \dots (35)$$

$$d = x_c^2 + y_c^2 - r_c^2 \quad \dots (36)$$

以上の数値計算を行えば、円の中心(x_c , y_c)、半径 r_c と最小2乗推定誤差量ERを求めることができる。

【0086】ここで推定誤差量ERであるが、数式上はこれで良いのだが、実際には瞳孔径 r_c による補正を行っている。誤差量ERは総てのエッジデータがある円周上に正確に位置している場合はゼロであり、円周上からはずれたエッジの数が増す程、また円周上からの距離が

12

*Nのフローを示す。同サブルーチンがコールされると、#300をへて#301にて、抽出された総ての瞳孔エッジデータを用いた円の最小2乗法推定を行う。その基本の計算式は上述した本出願人による出願(特願平3-121097号)に示されているが、ここに再び説明しておく。

【0085】n個の瞳孔エッジの座標を各々(x_1 , y_1), (x_2 , y_2), ..., (x_n , y_n)とすると、これらのデータに基づく最小2乗法を用いた推定円の中

心座標(x_c , y_c)、半径 r_c 、推定誤差量ERは

大きくなる程誤差量は大きくなる。ところが、同じエッジ数で同程度に真の円から離れたエッジ数が同程度に存在するような場合でも、一般に瞳孔径が大きくなると誤差量ERも大きくなる傾向がある。

【0087】これを校正するために次式のように瞳孔径 r_c を用いて誤差量ERを補正している。

【0088】

$$ER = ER \cdot (a \cdot r_c + b)$$

ここで、例えばaは-0.05、bは1.5程度の値を持たせると、イメージセンサー上での瞳孔径が10画素のとき補正係数 $a \cdot r_c + b$ はちょうど1となり、ERには補正がかからない。撮影者の眼がカメラに近づくか、または瞳孔が開いたりして瞳孔径 r_c が大きくなり、例えば $r_c = 20$ になると、補正係数 $a \cdot r_c + b$ は0.5となり、誤差量ERは半分の量に補正がかかることになる。逆に瞳孔径が小さくなれば誤差量を大きくする補正がかかることになる。もちろん、前記a、bの値では、瞳孔径 r_c が30画素になると補正係数 $a \cdot r_c + b$ は0となってしまうが、 r_c が20画素以上のときは、係数は0.5というように決めても良い。

【0089】図7(a)に円の最小2乗推定サブルーチンのフローを示す。

【0090】同サブルーチンがコールされると、ステップ#400を経て#401にて、最小2乗法の演算途中変数 $X1 \sim X4$ 、 $Y1 \sim Y4$ 、 $Z1 \sim Z4$ を各々式(15)～(18)、式(19～22)、式(23)～(26)に従って算出する。次に推定円の計算を行い(#402)、リターンする(#403)。

【0091】図7(b)は推定円の計算のサブルーチンフローである。ステップ#500を経てステップ#501では先づ演算途中変数 $V1 \sim W7$ を式(27)～(35)に従って計算し、次にそれらの変数を用いて推定円の中心座標 x_c 、 y_c をそれぞれ式(10)、(11)で計算する。推定円の半径 r_c は既に算出された中心 x_c 、 y_c の値を用いて式(12)に従って計算する。

【0092】次に、式(36)と(13)、(14)に従って推定誤差量ERを求め(#502)、さらに式(37)に従って、瞳孔径 r_c による誤差量ERの補正を行う(#503)。

【0093】このようにして、推定円の中心(x_c 、 y_c)、半径 r_c 、推定誤差量ERが求まり、サブルーチンをリターンする(#504)。

【0094】以上のようにして、ステップ#301において、抽出した総ての瞳孔エッジデータに基づく瞳孔円*

$$X1 \leftarrow X1 - X1' \quad \dots (38)$$

$$X2 \leftarrow X2 - X2' \quad \dots (39)$$

$$X3 \leftarrow X3 - X3' \quad \dots (40)$$

$$X4 \leftarrow X4 - X4' \quad \dots (41)$$

変数 $X1 \sim X4$ は式(15)～(18)から明らかのように線型な演算式であるから、上の式(38)～(41)を計算すると、その結果 $X1 \sim X4$ は、下辺エッジを除いたエッジによる変数となる。改めて $X1 \sim X4$ を計算するのではなく、上記のように計算するのは演算短縮が目的である。

【0104】途中変数 $Y1 \sim Y4$ 、 $Z1 \sim Z4$ も同様に補正する(#602)。この後に推定円の計算を行えば(#603)、その結果は下辺エッジを除いたエッジに

…(37)

*の推定を行って、瞳孔円の中心座標(x_c 、 y_c)、半径 r_c 、推定誤差量ERが求まると、このERを誤差量閾値ERTHRと比較する(#302)。

【0095】瞳孔円の推定が充分な精度で実行されるとき推定誤差量ERは通常10以下であるので、閾値ERTHRは例えば15～20程度に設定しておく。

【0096】 $ER < ERTHR$ 、即ち推定誤差が小さい場合には、瞳孔の検出は成功したものと見るとして(#303)、本サブルーチンをリターンする(#304)。

【0097】 $ER \geq ERTHR$ 、即ち推定誤差が大きい場合には、偽りのエッジデータにより推定を失敗したとし、以降の処理にて偽りのエッジの排除にとりかかる。

【0098】先ずステップ#305では、抽出された総ての瞳孔エッジデータの内、瞳孔円の下辺として抽出されたエッジデータを除いた残り、つまり上辺、右辺、左辺のエッジデータに基づいて最小2乗法を用いて瞳孔円の推定を行ってみる。ここでの演算は、エッジ数が少ないことを除けば、上述した数値計算と同様である。結果として得られた瞳孔円の中心座標径、推定誤差は記憶しておく。

【0099】同様にステップ#306では上辺エッジを除いた場合、ステップ#307では右辺エッジを除いた場合、ステップ#308では左辺エッジを除いた場合の瞳孔円の推定を行い、結果をそれぞれ記憶する。

【0100】図8(a)は下辺エッジを除いた円の最小2乗推定のサブルーチンのフローである。

【0101】先ずステップ#601にて、瞳孔円の下辺の瞳孔エッジとして抽出されたエッジデータだけで式(15)～(18)、(19)～(22)、(23)～(26)に従って $X1' \sim X4'$ 、 $Y1' \sim Y4'$ 、 $Z1' \sim Z4'$ を計算する。

【0102】次に総てのエッジデータで計算された途中変数 $X1 \sim X4$ を次式のように補正する。

【0103】

よる推定結果となる。

【0105】上辺エッジを除いた瞳孔円の推定、左辺エッジを除いた瞳孔円の推定、右辺エッジを除いた瞳孔円の推定も対象となる辺が違うことを除けば下辺の場合と全く同様であるのでフローチャートおよび説明は省略する。

【0106】図5に戻って、下辺、上辺、右辺、左辺のエッジデータを除いた瞳孔円の推定が完了すると、ステップ#309ではその結果の内から最も良好な結果を探

す。このとき、上辺、下辺のエッジデータよりは左辺、右辺のエッジデータを優先するような選択を行う。

【0107】何故ならば瞳孔エッジの抽出処理は水平方向の時系列信号処理であるから、どうしても左辺、右辺のエッジデータの方が信頼性が高いからである。

【0108】具体的には、ステップ#305、306で得られた推定誤差量ERを実際よりも小さくなるように重みを付して、4つのERの内もっとも小さいERの結果を選択する。

【0109】ここでは下辺エッジを除いた結果が最も良好であるとして説明を続ける。

【0110】次のステップ#310では円の最小2乗推定の再計算1を行う。

【0111】概略を述べると、先に選択された演算結果に対して、除かれている辺のエッジデータを1つずつ加えてみては推定誤差量の変化を調べ、誤差量が所定の割*

$$X1 \leftarrow X1 + x_k$$

$$X2 \leftarrow X2 + x_k^2$$

$$X3 \leftarrow X3 + x_k^3$$

$$X4 \leftarrow X4 + x_k^4$$

変数Y1~Y4、Z1~Z4についても同様に計算する(#801)、要するに最小2乗法の演算のデータが1つ増したのと同じである。

【0116】そして、補正された途中変数を用いて再び※

$$(ER/ER_0) < C_a$$

ならば、追加したエッジは真のエッジと見なす。C_aは例えば1.1程度である。

【0117】増加率が大きいときには、加えたエッジは偽りのエッジであるとして、途中変数X1~X4、Y1~Y4、Z1~Z4と推定円の結果をこのデータを1つ追加する前の値に戻す。

【0118】1つのエッジに対しての試行が終わると次のエッジを試してみる。当初除かれていたエッジデータ総てについての試行が終了すると(#805)、一律に除かれていた下辺エッジデータのうち正しいエッジは推定演算に有効に使用されたとして、このサブルーチンをリターンする(#806)。

【0119】以上は、下辺エッジを対象とする再計算1について説明してきたが、上辺、左辺、右辺についても全く同様であるので、それらのフローチャートと説明は省略する。

【0120】円の最小2乗推定の再計算1によって正しい瞳孔エッジデータの回収が終了すると、その最終結果の推定誤差量ERと誤差閾値ERTHRを再び比較し(#311)、ER<ERTHRならば瞳孔検出は成功したとし(#303)、サブルーチンをリターンする(#304)。

【0121】なおも推定誤差量が大きい場合には、今度はいま現在使用している瞳孔エッジにまだ偽りのエッジ

$$X1 \leftarrow X1 - x_k$$

※り合いよりも増加しなければ、加えたエッジデータは正しい瞳孔エッジであるものと見なしてそのまま加えておき、そうでない場合は偽のエッジデータを加えてしまったものと見なしてそのデータは取り除く。最初から除かれている辺のエッジデータ総てに対して以上の試行錯誤的操作をくり返してゆく。

【0112】図8(b)に円の最小2乗推定再計算1のフローを示す。

【0113】いま下辺エッジが除かれている推定結果が選択されたものとしているのでステップ#701からステップ#800へ移行する。

【0114】次のステップ#801にて、下辺エッジ群のうちの1つのデータ(x座標、y座標)を(x_k, y_k)とすると次式によって最小2乗法途中変数X1~X4の補正を行う。

【0115】

$$\dots (42)$$

$$\dots (43)$$

$$\dots (44)$$

$$\dots (45)$$

※推定円の計算を行う(#802)。次に、新たな推定誤差量ERと、データを1つ追加する前の誤差量ER₀の比を求め、ERの変化率とし、その増加率が小、即ち

$$\dots (46)$$

データが含まれているものと考え、その排除に努める処理を実行してゆく。

【0122】いま下辺エッジを除いた、即ち(上辺、左辺、右辺)の組み合わせが選択されたものとしているから、ステップ#312、ステップ#315を経てステップ#316にて上辺エッジに関する円の最小2乗推定再計算2Bを実行する。このサブルーチンは前記目的のように、いま現時点で使用している上辺の瞳孔エッジデータのうち偽りのデータを取り除こうとする処理である。

【0123】図9に下辺に関する円の最小2乗推定の再計算2Aのフローチャートを示す。記号2A、2B、2C、2Dはそれぞれは下辺、上辺、右辺、左辺に対応している。

【0124】ここでは再計算2Aの下辺に関するサブルーチンについてのみ説明するが、他の場合も同様である。

【0125】さて、同サブルーチンがコールされると、下辺エッジとして抽出されたエッジデータ群のうちの1つを除くように途中変数X1~X4、Y1~Y4、Z1~Z4を補正する(#901)。除こうとするエッジの座標を(x_k, y_k)とすると、X1~X4は次式のよう補正する。

【0126】

$$\dots (47)$$

17

$$X2 \leftarrow X2 - x k^2$$

$$X3 \leftarrow X3 - x k^3$$

$$X4 \leftarrow X4 - x k^4$$

Y1~Y4, Z1~Z4についても同様である。

【0127】途中変数の補正が済むと、次のステップ#902で推定円の計算を実行する。その結果得られた推定円の中心座標、径、推定誤差量は、さきにエッジデータ1つ取り除いた残りのエッジデータに基づくものとなる。

【0128】次に先述の式(46)にて推定誤差量の変化率を計算し(#903)、その減少率が所定よりも大きければ先程取り除かれたエッジは偽りのエッジデータであったとしてそのままに、減少率に変化があまりなければ、正しいエッジデータを取り除いた結果であるとし、ステップ#904で途中変数X1~X4, Y1~Y4, Z1~Z4および推定円の結果を元に戻す。

【0129】再計算1の場合と同様に、該当する総てのエッジデータに対する試行が終了すると(#905)、本サブルーチンをリターンする(#906)。

【0130】図5に戻って、#316での上辺エッジに関する再計算2が終了すると、その結果である推定誤差量ERと誤差閾値ERTHR比較し(#317)、誤差量が小さくなっていれば瞳孔検出は成功したものととして(#303)、このサブルーチンをリターンする(#304)。

【0131】未だ推定誤差量が大きい場合には、分岐T1を経由して図6のフローへ移行し、右辺、左辺に関して同様の処理を行う。途中過程で推定誤差量ERが小さくなれば分岐T2を経由し図5のフロー中のステップ#303にて瞳孔検出成功として、サブルーチンをリターンする(#304)。

【0132】以上の処理を実行しても、未だ推定誤差量ERが大きい場合は瞳孔検出を失敗とし(#324)、サブルーチンをリターンする(#325)。

【0133】図13を用いて、上述処理を説明すると、この眼球像(図13(a))の例では、まぶたの影響で瞳孔円下辺のエッジ抽出を誤っている。従って、抽出した総てのエッジデータを用いて瞳孔円を算出すると、図13(b)の75の如く、誤った瞳孔円となってしまう。

【0134】そこで、本発明での手法に従って、図13(c)のように囲い72内の下辺エッジを取り除いたデータで円を推定してやれば、75'のように正しい瞳孔円を検出することができる。

【0135】図13はまぶたによる撮影の例であったが、図14ではまつ毛による影響を説明する。

【0136】図14(a)の53はまつ毛を表わしており、このため瞳孔下辺として抽出されたエッジ中に偽りの瞳孔エッジが含まれている。

【0137】同図(b)の75は抽出したエッジを全部

18

$$\dots (48)$$

$$\dots (49)$$

$$\dots (50)$$

用いて推定した円を表わしており、誤った推定となっている。

【0138】これを本発明での手法に従って、同図(c)のように下辺エッジも正しいエッジ(囲い72b)と偽りのエッジ(囲い72a)に選択的に分別すれば、正しいエッジデータのみに基づいて、正しい推定円75'を求めることができる。

【0139】先の実施例では、瞳孔径を用いて推定誤差量を補正する際、一次式を用いたが、これは一次式に限定されるものではなく、もっと高次の補正式を用いても良い。

【0140】また、本実施例では最小2乗法を用いて円を推定するようにしているため、円の半径あるいは直径を補正に用いているが、例えば瞳孔をだ円と仮定して推定するようにしたならば、長径と短径のいずれか一方、あるいは両者の平均値を補正に用いても良い。

【0141】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、瞳孔と虹彩の境界の光強度差を信号のエッジとして捉え、そのエッジ座標に基づいて瞳孔円の検出を行う際、正しい瞳孔円の検出障害となる瞼や、まつ毛等による偽りの瞳孔エッジを効果的に排除することが可能となり、視線検出の精度を極めて向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を有効に実施することができるカメラの要部概略図。

【図2】図1のカメラの電気回路図。

【図3】図2の動作を示すフローチャート。

【図4】視線検出動作のフローチャート。

【図5】図4の瞳孔中心、瞳孔径の検出のフローチャート。

【図6】図5のT1以降のフローチャート。

【図7】図5の円の最小2乗推定動作のフローチャート。

【図8】(a)は下辺エッジを除いた円の最小2乗推定、(b)は円の最小2乗推定再計算1のフローチャート。

【図9】円の最小2乗推定再計算2Aのフローチャート。

【図10】観察者の眼球像の例。

【図11】視線検出方法の原理説明図。

【図12】通常の瞳孔円検出の説明図。

【図13】まぶたの影響を受けた場合の瞳孔円検出の説明図。

【図14】まつ毛の影響を受けた場合の瞳孔円検出の説明図。

【符号の説明】

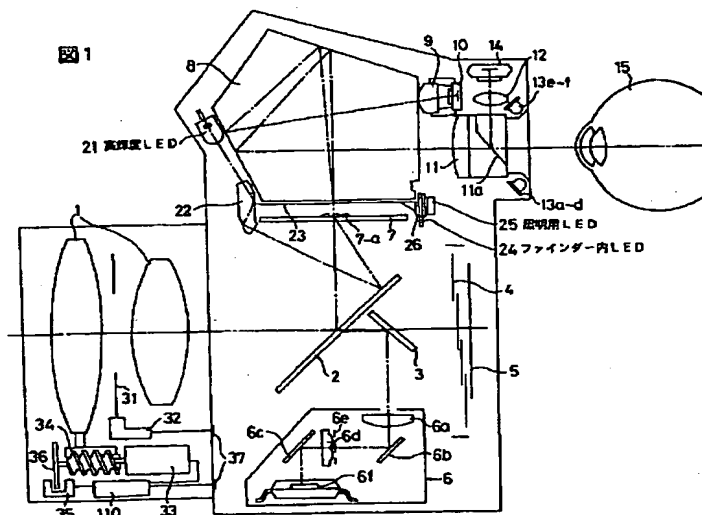
19

20

- 1…撮影レンズ
6…焦点検出装置
センサー
7…ピント板
11…接眼レンズ
イオード (IRED)
14…イメージセンサー (CCD-EYE)
15…眼球
17…虹彩
ンボーズ用LED
24…ファインダー内LCD
D
- 2…主ミラー
6f…イメージセ
ンサー
10…測光センサ
ー
13…赤外発光ダ
イオード (IRED)
16…角膜
21…スーパーイ
10
25…照明用LE

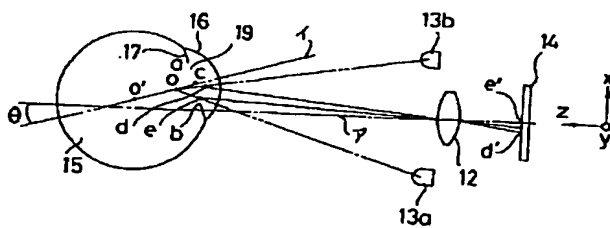
- 31…絞り
部分
51…眼珠の瞳孔部分
53…まつ毛
101…視線検出回路
回路
104…信号入力回路
駆動回路
106…LED駆動回路
駆動回路
110…焦点調節回路
測距点マーク
- 50…眼珠の白眼
52a, b…P像
100…CPU
103…焦点検出
回路
105…LCD駆
動回路
107…IRED
200~204…

【図1】

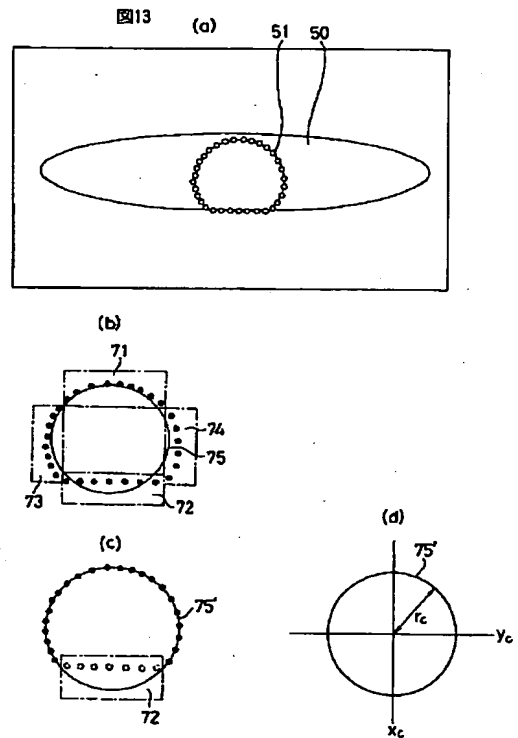


【図11】

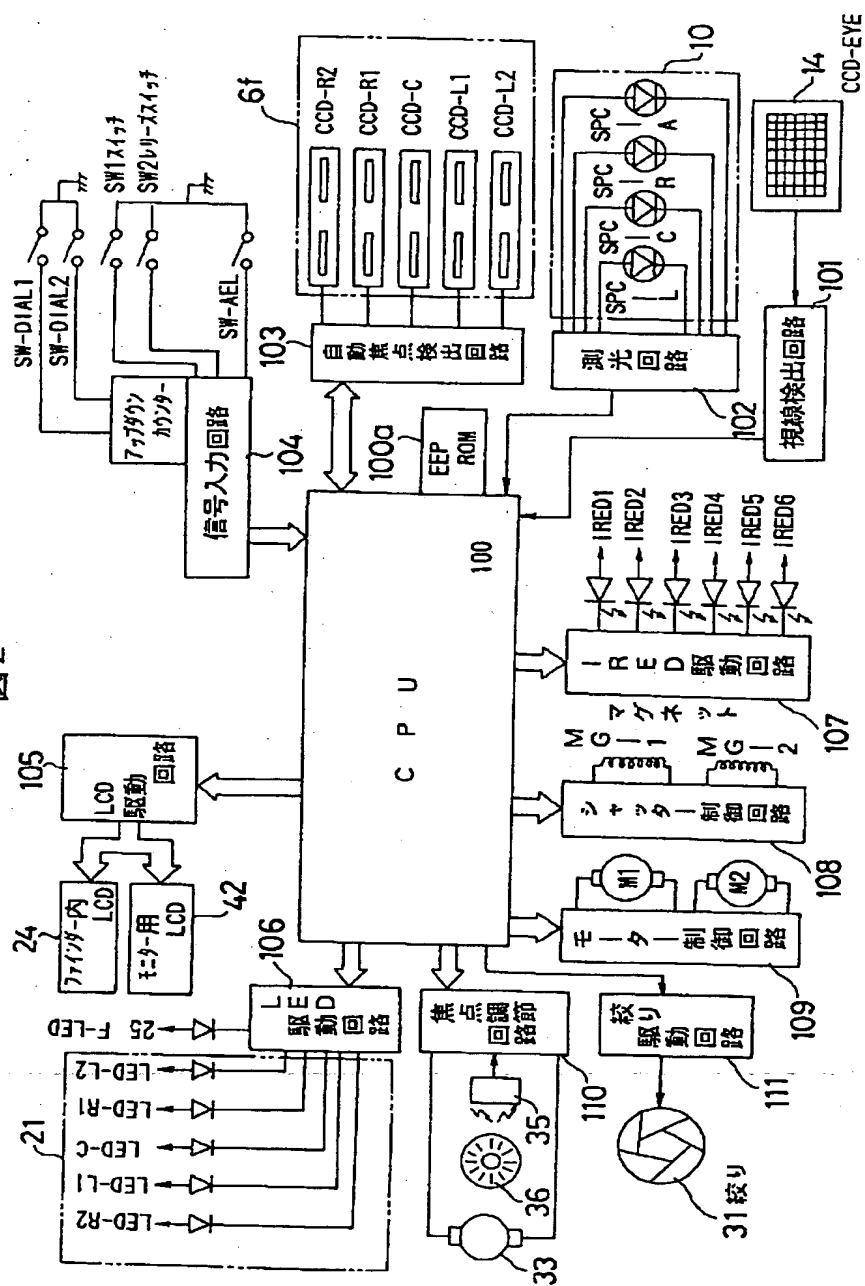
図11



【図13】

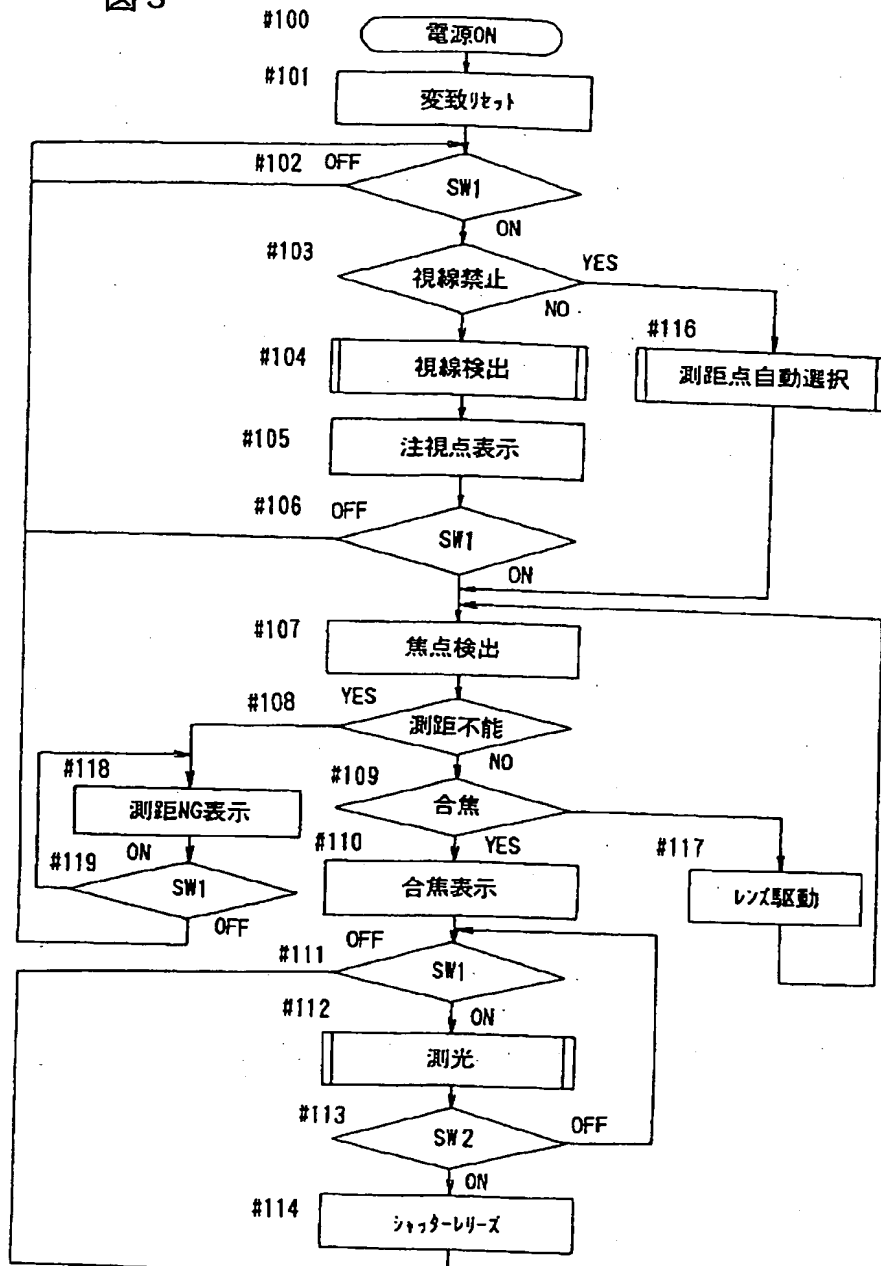


2
✕



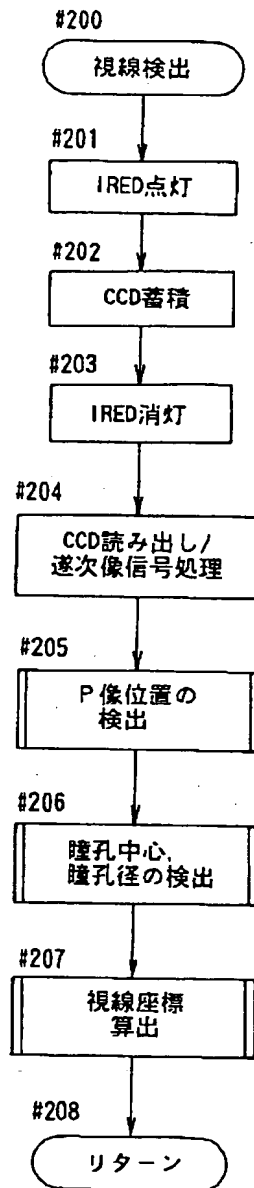
【図3】

図3



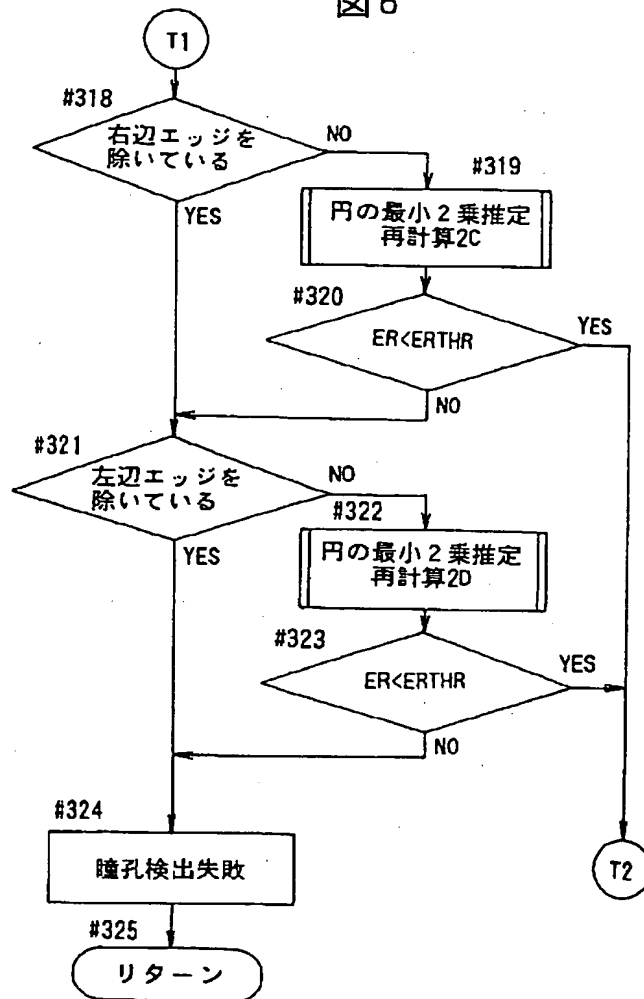
【図4】

図4



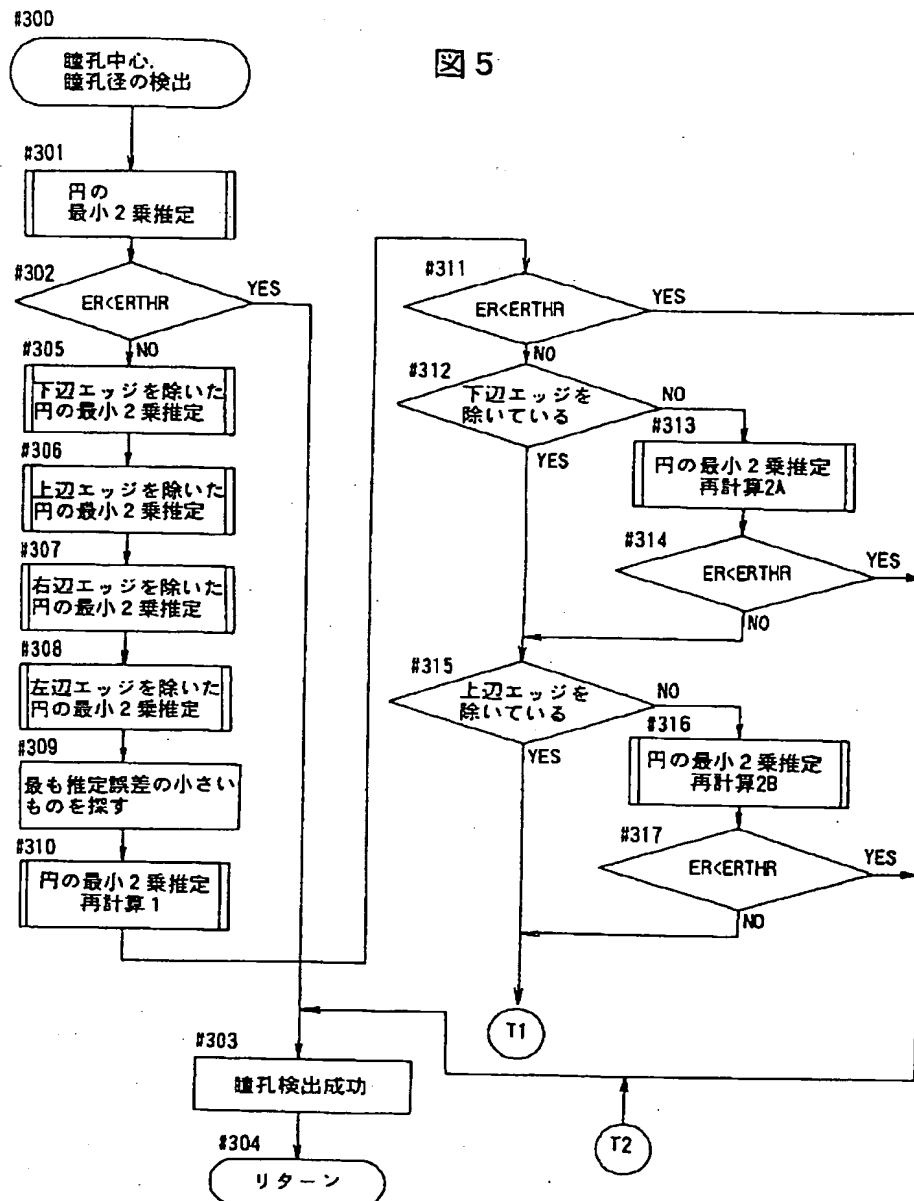
【図6】

図6



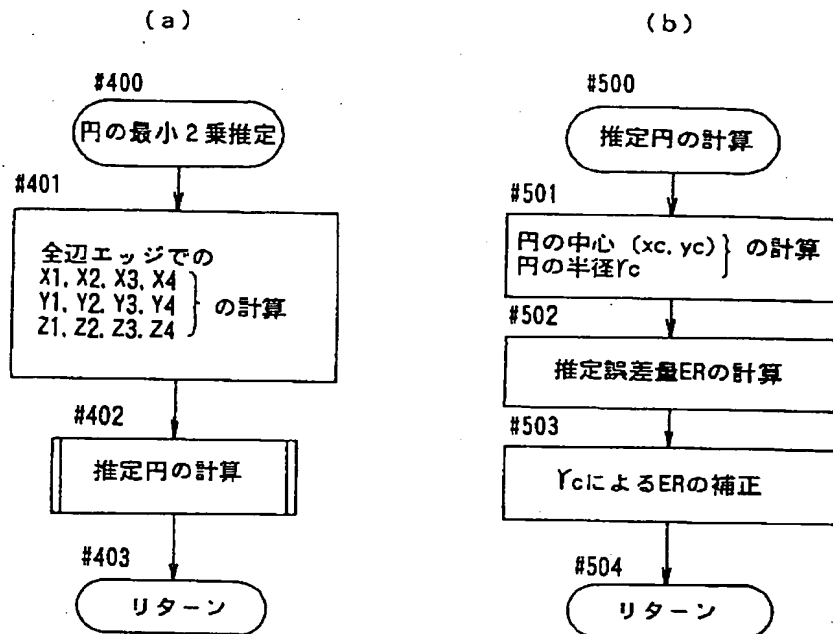
【図5】

図5

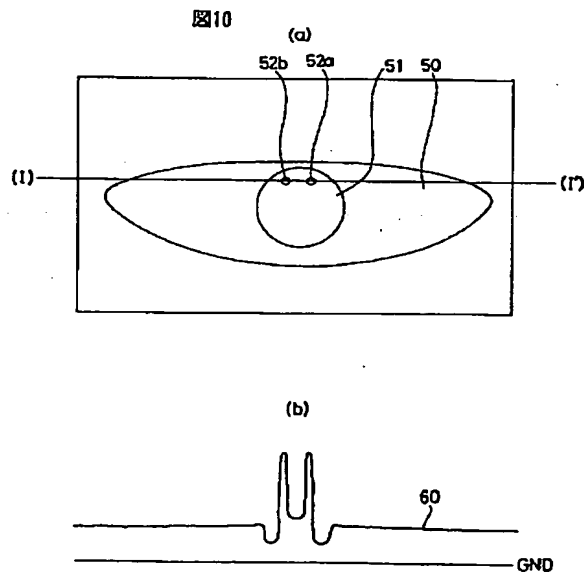


【図7】

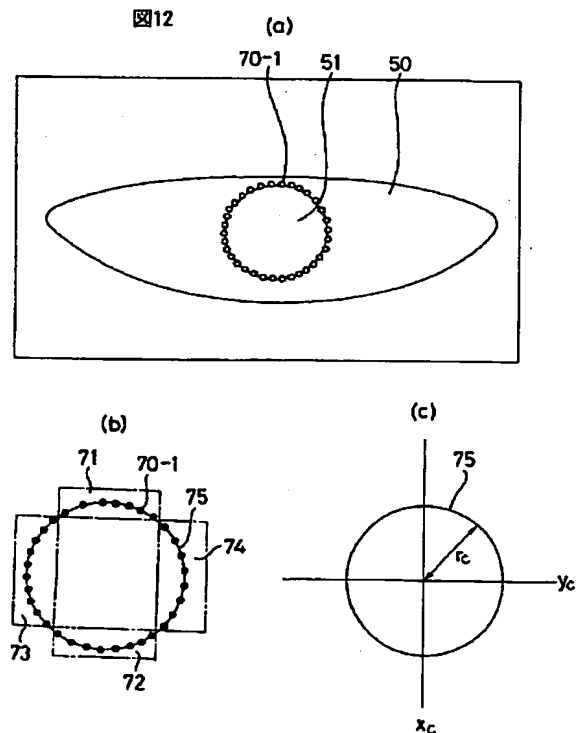
図7



【図10】

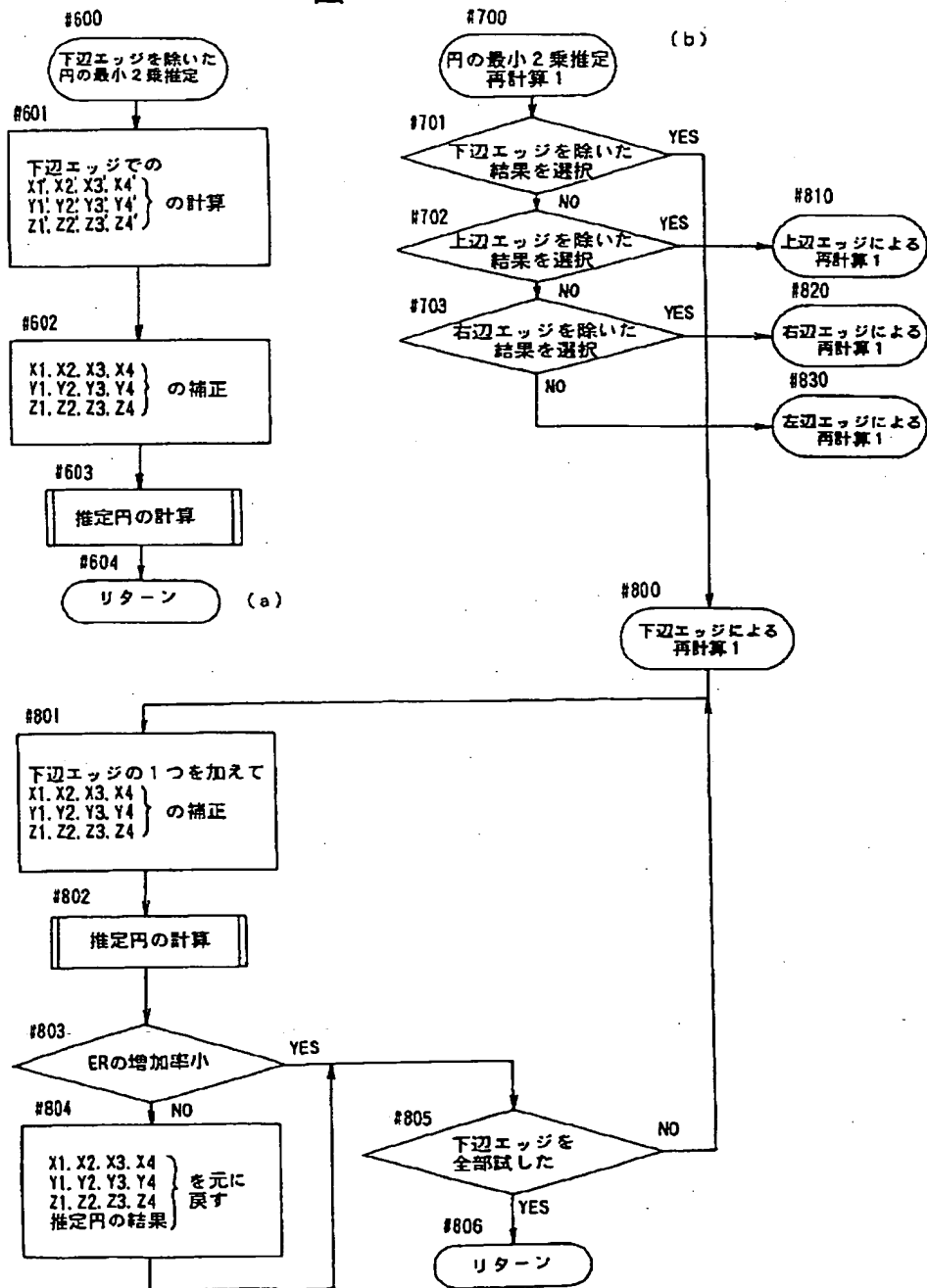


【図12】



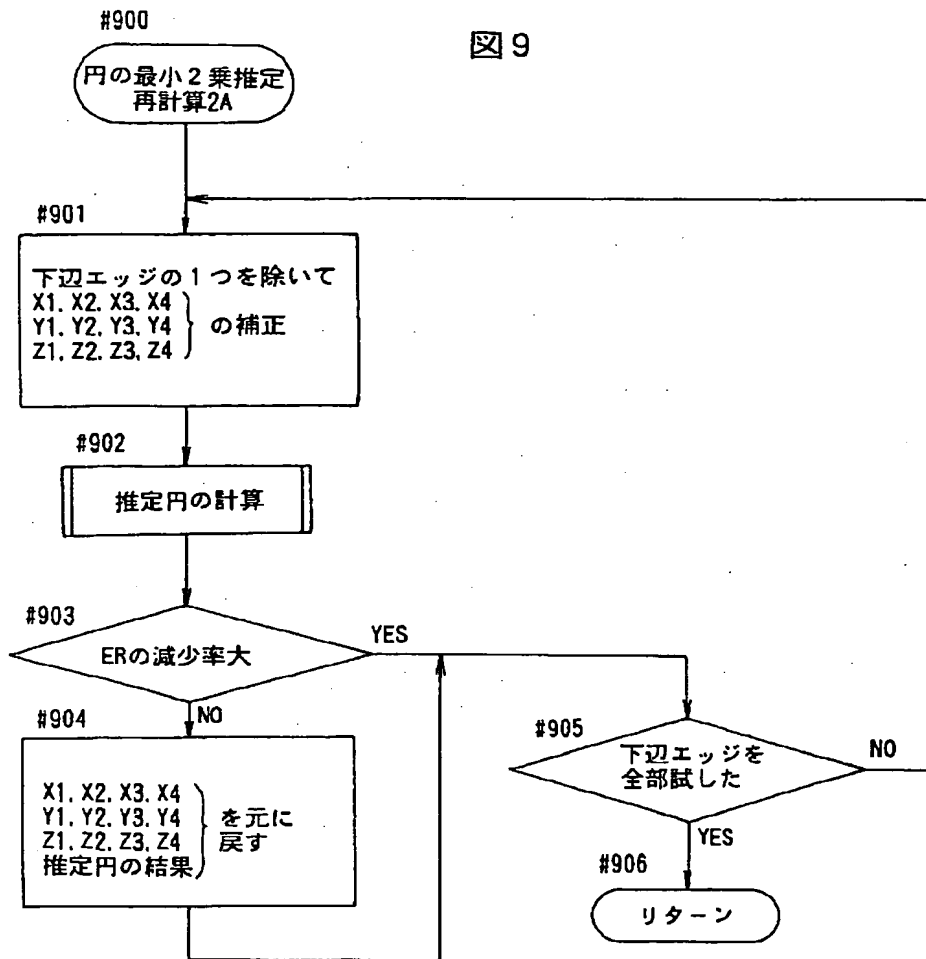
【図8】

図8



【図9】

図9



【図14】

